

¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-033 Lublin, Poland

²Stacja Doświadczalna Oceny Odmian, Uhnin, Dębowa Kłoda

³Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie

¹Barbara Sawicka, ²Piotr Pszczołkowski, ³Barbara Marczak-Krochmal

Jakość bulw *Ipomoea batatas* (L.) Lam. uprawianych w warunkach nawożenia azotem

Quality of *Ipomoea batatas* (L.) Lam. tubers cultivated in conditions of nitrogen fertilization

ABSTRACT. Studies were carried out in 2000–2002 on the soil of light loamy sand type. The reproduction material – seedlings of cv. Canuana produced due to *in vitro* micropropagation – originated from Western Guinea. The biological value of *Ipomoea batatas* tubers was great. It much exceeded tuber plants cultivated in Poland such as potato or Jerusalem artichoke as regards dry matter, starch, sugars, total and specific protein levels. Fertilization of sweet potato with nitrogen dose 100 kg ha⁻¹ appeared to be profitable and sufficient considering the content of: dry mass, starch, total and specific protein, vitamin C, nitrate and ash in tubers.

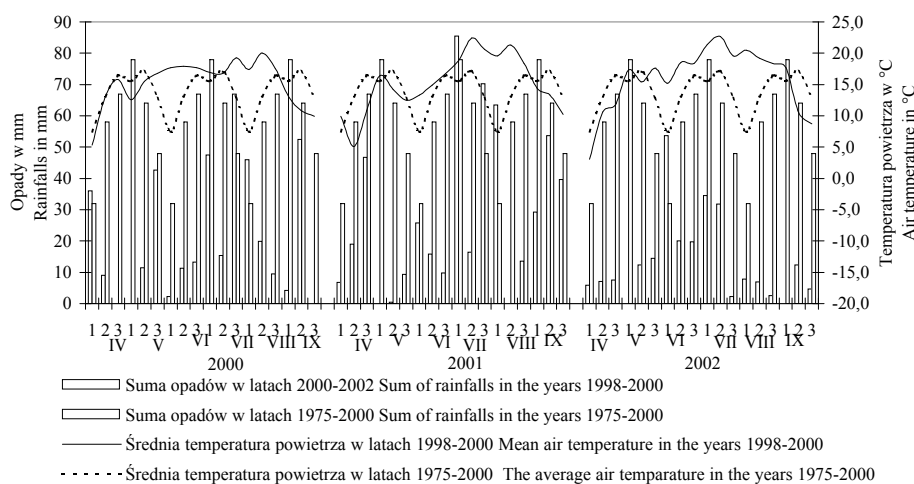
KEY WORDS: chemical composition, sweet potato, yield of tubers

Na przestrzeni wieków różnorodność biologiczna pokarmu roślinnego w diecie człowieka drastycznie spadła. Jeszcze przed 5000 lat (4000 p.n.e.) człowiek spożywał blisko 2 tysiące gatunków roślin. Obecnie wykorzystywanych jest około 180 gatunków, z których dominuje tylko siedem (pszenica, ryż, kukurydza, jęczmień, soja, ziemniak, maniok). Ograniczenie różnorodności pożywienia jest najczęściej przyczyną czynników stresogennych i chorób cywilizacyjnych, które pojawiły się lub nasiliły dopiero w XX wieku. Stąd też bardzo ważnym zadaniem jest poszukiwanie i wprowadzanie do uprawy roślin o wysokiej wartości odżywczej. Jedną z takich roślin jest batat *Ipomoea batatas* (L.) Lam., cechujący się dużą zdolnością wiązania energii słonecznej i przetwarzania jej na

masę biologiczną [Gosvami 1997; Katayama i in. 1999]. Bulwy tego gatunku mogą się stać cennym surowcem dla przetwórstwa spożywczego i przemysłu farmaceutycznego. Jest to możliwe dzięki zawartości w nich cennych składników mineralnych i pokarmowych [Akkamahadevi-Pasare i in. 1996; Navas i in. 1999; Sawicka i in. 2000]. Od niedawna przeprowadza się w Polsce badania w celu opracowania najlepszych receptur oraz technologii przygotowywania dietetycznych potraw z *Ipomoea batatas* do bezpośredniej konsumpcji. Intensywna technologia uprawy może zmienić wartość biologiczną bulw. Stąd też celem badań było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na plon i jakość bulw *Ipomoea batatas* oraz określenie optymalnej jego dawki, bezpiecznej z punktu widzenia jakości żywności.

METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2000–2002 roku w stacji doświadczalnej w Uhninie na glebie piaszczysto-gliniastej o lekko kwaśnym odczynie. Eksperyment założono metodą bloków zrandomizowanych w trzech powtórzeniach. Czynnikiem doświadczenia było nawożenie azotem w dawkach: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N ha⁻¹ na tle jednakowego nawożenia fosforowo-potasowego



Rycina 1. Opady i temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka w latach 2000-2002 wg stacji Meteorologicznej w Uhninie

Figure 1. Rainfalls and air temperature during potato vegetation period in the years 2000-2002, according to meteorological station at Uhnin

(43,6 kg P i 124,5 kg K ha⁻¹) i 25 t ha⁻¹ obornika. Przedplonem batata był jęczmień jary. Materiał rozmnożeniowy pochodził ze stacji doświadczalnej w Labé (Gwinea Zachodnia), a stanowiły je sadzonki odmiany *Canuana* o białej skórce i żółtym miąższu. Uzyskano je na drodze rozmnażania *in vitro*. Rośliny sadzono 15 maja w rozstawie 1 × 1 m. Zbiór bulw przeprowadzono w fazie dojrzałości technicznej, w drugiej dekadzie września. W czasie zbioru oznaczono plon oraz pobrano próbki (po 30 bulw różnej wielkości proporcjonalnie do ich udziału w plonie) z każdego poletka do oznaczeń składu chemicznego bulw. W bulwach batata oznaczono: suchą masę – metodą suszarkową, przez wysuszenie w temperaturze 60°C, a następnie w 105°C; skrobię – polarymetrycznie wg Ewersa-Groswelda, witaminę C – metodą Tillmansa z zastosowaniem miareczkowania; sumę cukrów i cukry redukujące – metodą dwunitrofenolową; białko ogólne metodą Kjeldahla; białko właściwe – wg Bernsteina; azotany – metodą potencjometryczną za pomocą elektrody jonoselektywnej w ekstrakcie 2% CH₃COOH, włókno – metodą Scharrera i Kürschnera przy użyciu kwasów: octowego i TCA; popiół – metodą spalania w temperaturze 550°C. Statystyczne opracowanie wyników badań wykonano za pomocą analizy wariancji. Istotność źródeł zmienności sprawdzono testem Fishera-Snedecora. Istotność różnic oceniano testem Tukeya. Przebieg warunków atmosferycznych w okresie wegetacji słonecznika bulwiastego przedstawia rycina 1.

WYNIKI

Wzrost nawożenia azotem do poziomu 100 kg N ha⁻¹ zwiększał zawartość suchej masy, skrobi, białka ogólnego i właściwego, witaminy C oraz popiołu. Niemniej, obok korzystnych zmian w składzie chemicznym bulw obserwowano również niekorzystny wpływ tego składnika na jakość plonu poprzez zwiększanie akumulacji cukrów rozpuszczalnych i redukujących, włókna surowego, a także koncentracji zagrażających zdrowiu azotanów (tab. 1, ryc. 2, 3). Najwyższy, istotny wzrost stężenia azotanów obserwowano w obiektach nawożonych 150 kg N, a włókna surowego – w kombinacjach z 200 kg N ha⁻¹.

Na skutek wysokiego nawożenia azotem nastąpiło również zawężenie stosunku skrobi do białka, a także zmniejszył się udział białka właściwego w białku ogółem, co wpłynęło na pogorszenie wartości żywieniowej bulw *Ipomoea batatas*. Analiza regresji wykazała zależność wielomianową trzeciego stopnia udziału białka właściwego w białku ogółem oraz zależność logarytmiczną – stosunku skrobi do białka (ryc. 4).

Tabela 1. Wpływ nawożenia na zawartość składników chemicznych w świeżej masie bulw *Ipomoea batatas* (średnie lat 2000–2002)Table 1. The influence of the contents of chemical composition in the fresh mass of *Ipomoea batatas* (mean for 2000–2002)

Dawka N Dose of N kg ha ⁻¹	Zawartość w % Content in %							
	Sucha masa Dry matter	Skrobia Starch	Suma cukrów Sum of sugars	Cukry redukujące Reducing sugars	Białko ogólne Total protein	Białko właściwe Specific protein	Włókno surowe Crude fibre	Popiół Ash
0	21,23	19,48	2,14	1,01	1,09	0,80	0,82	1,04
50	25,56	20,88	2,27	1,23	1,47	0,97	0,84	1,29
100	28,06	22,91	2,34	1,28	1,78	1,41	0,95	1,46
150	26,52	21,28	2,47	1,31	1,71	1,29	0,94	1,47
200	24,73	19,19	2,53	1,38	1,69	1,01	1,12	1,49
NIR LSD α 0,05	1,26	1,04	0,12	0,07	0,08	0,05	0,05	0,07
Średnia Mean	25,24	20,75	2,35	1,24	1,55	1,09	0,93	1,35

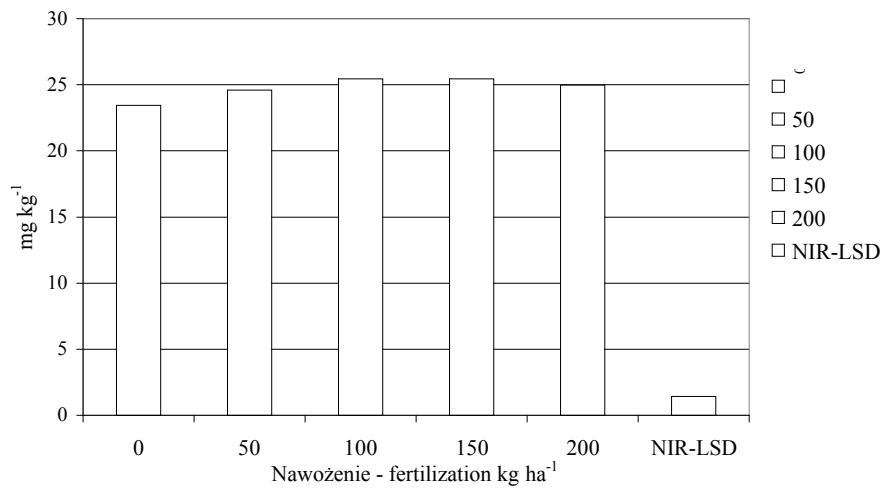
Tabela 2. Wpływ lat na zawartość składników chemicznych w świeżej masie bulw *Ipomoea batatas*, %Table 2. The influence of the contents of chemical composition in the fresh mass of *Ipomoea batatas*, %

Rok Year	Sucha masa Dry matter	Skrobia Starch	Suma cukrów Sum of sugars	Cukry redukujące Reducing sugars	Białko ogółem Total protein	Białko właściwe Specific protein	Włókno surowe Crude fibre	Popiół Ash
2000	25,06	20,32	2,29	1,18	1,52	1,09	0,93	1,36
2001	25,12	21,11	2,41	1,30	1,54	1,09	0,92	1,36
2002	25,53	20,81	2,35	1,24	1,59	1,11	0,95	1,34
NIR LSD α 0,05	0,45	0,38	0,11	0,10	ni ns*	ni ns	ni ns	ni ns

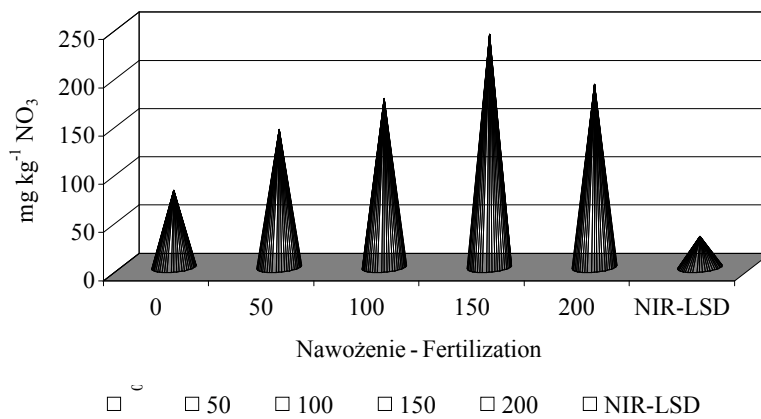
* Nieistotne przy poziomie $\alpha=0,05$ Not significant at $\alpha=0.05$

Niezależnie od stosowanego nawożenia czynniki środowiska wywarły istotny wpływ na zawartość suchej masy, skrobi, cukrów rozpuszczalnych i redukujących, a także na koncentrację witaminy C i azotanów w bulwach (tab. 2, ryc. 5)

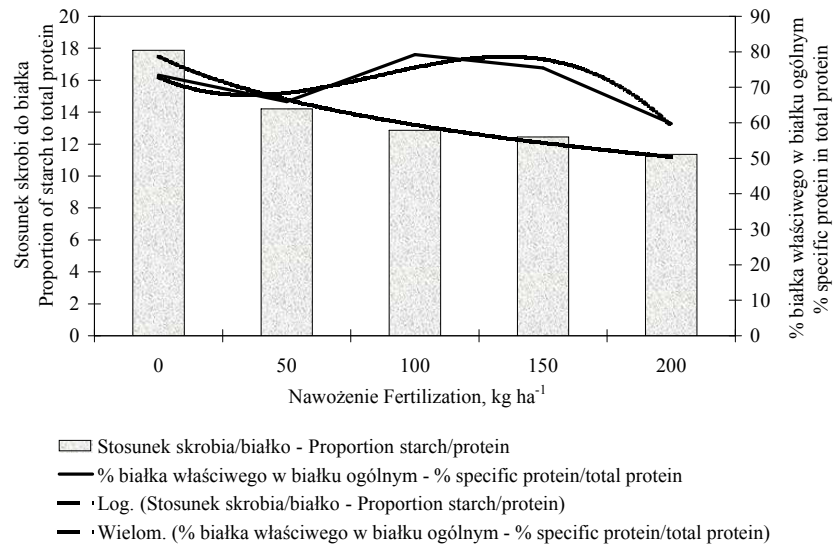
Najwięcej węglowodanów oraz witaminy C akumulowały bulwy batata w 2001 roku, o najwyższej temperaturze powietrza w lipcu i sierpniu, ale jednocześnie o dostatecznej ilości opadów na przełomie czerwca i lipca, zaś najwięcej suchej masy i azotanów zgromadziły – w 2002, skrajnie suchym roku.



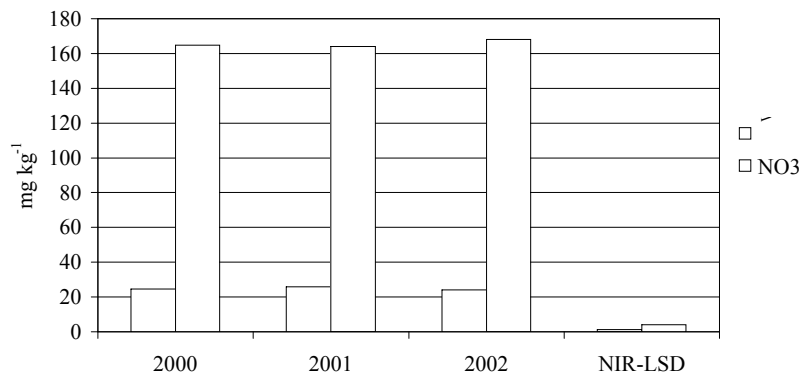
Rycina 2. Wpływ nawożenia azotem na zawartość witaminy C w bulwach *Ipomoea batatas*
 Figure 2. The influence of potato fertilization on vitamin C in the sweet potato tubers



Rycina 3. Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach *Ipomoea batatas*
 Figure 3. The influence of nitrogen fertilization on nitrate content in the sweet potato tubers



Rycina 4. Stosunek skrobi do białka oraz udział białka właściwego w białku ogólnym
 Figure 4. Proportion of starch to total protein and the share of specific protein in total protein



Rycina 5. Wpływ warunków meteorologicznych na zawartość witaminy C i azotanów w bulwach *Ipomoea batatas*
 Figure 5. The influence of meteorological condition on vitamin C and nitrate content of sweet potato tubers

DYSKUSJA

Zawartość suchej masy, skrobi, cukrów rozpuszczalnych i redukujących, a także białka ogółem, włókna surowego i popiołu w bulwach batata jest porównywalna z wynikami uzyskanymi przez innych autorów [Akkamahadevi-Pasare i in. 1996; Katayama 1999; Navas i in. 1999]. Zawartość suchej masy bulw, uzyskanej w badaniach własnych wynosiła przeciętnie 25,24% z wahaniami od 21,07 do 28,24%. Yang-GuoHong i in. [1999] podają, że przeciętna zawartość suchej masy najlepszych odmian i rodów w warunkach Chin wynosi 30,1%. Z badań Katayama i in. [1998] wynika, że zawartość skrobi w bulwach batata w zależności od rejonu geograficznego może się wahać od 9,3 do 28,8%, a amylozy od 11,2 do 15,3%. W Korei odmiany późne osiągają od 24,4 do 26,7% skrobi, a plon skrobi osiąga 6 t ha^{-1} [Ahn-Young Sup i in. 1998]. Zawartość włókna w świeżej masie ocenianych bulw wynosiła przeciętnie 0,93% z wahaniami od 0,84 do 1,07%. Według Akkamahadevi-Pasare i in. [1996] zawartość tego składnika mieści się między 0,63–0,94% suchej masy bulw *Ipomoea batatas*. Batat uprawiany w Indiach akumuluje więcej skrobi i białka, co w przeliczeniu na suchą masę wynosi: 3,74–8,63% białka; 0,47–1,03% tłuszczu; 0,63–0,94% włókna surowego; skrobi – 71,66–84,66%; 0,53–1,62% cukrów redukujących oraz 16,13–23,42 mg kg^{-1} witaminy C w świeżej masie bulw [Akkamahadevi i in. 1996]. Odmiany o żółtym miąższu zawierają ponadto znaczne ilości karotenów i karotenoidów [Navas i in. 1999]. Zdaniem Sawickiej [2000] różnice w składzie chemicznym bulw są uwarunkowane zmiennością fenotypową odmian batata, która jest łącznym efektem zmienności genetycznej i środowiskowej. Na uwagę zasługuje dość wysoka i stabilna w latach zawartość białka ogółem i właściwego, a także popiołu i włókna surowego. Na ten ostatni składnik zwraca się dużą uwagę w żywności funkcjonalnej. Należy tu dodać, że zmienność ogólna kryje w sobie również zmienność środowiskową. Ze względu na bogaty skład chemiczny *Ipomoea batatas*, a także z uwagi na zawartość β -amylazy można go zaliczyć do gatunków o wartości odżywczej znacznie wyższej niż znane u nas rośliny bulwiaste, jak ziemniak czy słonecznik bulwiasty [Mazurczyk 1987; Sawicka i in. 2000]. Akkamahadevi-Pasare i in. [1996] podają, że gatunek ten, z uwagi na wysoką zawartość rozpuszczalnych cukrów, może służyć jako pokarm dietetyczny, łatwo strawny dla dzieci, a także w diecie diabetyków. W USA bulwy batata są wykorzystywane w żywieniu dzieci, jak również do wypieku placków [Collins, 1987]. Ponadto zawartość karotenów i karotenoidów w odmianach o żółtym miąższu jest wyższa niż w warzywach takich, jak: dynia, brokuły, szpinak [Navas i in. 1999]. Goswami [1994] ocenia ich zawartość na $8,73 \text{ mg kg}^{-1}$.

Nawożenie azotem modyfikowało istotnie zawartość w bulwach *Ipomoea batatas* suchej masy oraz jej składników. Bezpieczną dawką azotu z uwagi na jakość bulw okazało się 100 kg N ha^{-1} . Podobne wyniki w warunkach Polski środkowo-wschodniej uzyskali Sawicka i in. [2000]. W warunkach glebowo-klimatycznych Indii podwyższenie nawożenia azotem do 75 kg N ha^{-1} powoduje zmniejszenie zawartości cukrów, a zwiększenie zawartości skrobi [Keya i in. 1990]. Większość badań dotyczących nawożenia batata odnosi się do warunków tropikalnych i subtropikalnych, gdzie wykorzystanie azotu ze względów klimatycznych jest nieco odmienne. Na przykład w Bangladesz zaleca się nawożenie dawką 150 kg N ha^{-1} . Zawartość suchej masy w bulwach wzrasta tam pod wpływem azotu od 70 do 90 dni po posadzeniu [Haque, Hamid 1998].

Zależność składu chemicznego bulw *Ipomoea batatas* od czynników środowiska wynika z wysokich wymagań klimatycznych tego gatunku. Do prawidłowego wzrostu i rozwoju gatunek ten wymaga temperatury około $25\text{--}30^\circ\text{C}$ [Katayama i in. 1999]. W okresie wschodów optymalna jest temperatura ok. 20°C . Podczas wegetacji szczególnie jednak znaczenie mają warunki wilgotnościowe. Z danych chińskich wynika, iż najwyższe plony batata uzyskuje się przy opadach rzędu $850\text{--}900 \text{ mm}$ w ciągu roku [He-Bin i in. 1997]. Badania nad stresem wodnym i solnym, przeprowadzone w Chinach i Wenezueli, wykazały, że skrajne warunki mają wpływ na ilość, a nie na jakość plonu [Villafame 1998]. He-Bin i in. [1997] w symulowanych warunkach stresu wodnego udowodnili, iż membramy plazmy komórkowej liści batata są bardziej wyeksponowane na radiację słoneczną.

WNIOSKI

1. Nawożenie batata dawką 100 kg N ha^{-1} okazało się korzystne i wystarczające z uwagi na plon oraz zawartość w bulwach: suchej masy, skrobi, białka ogółem i właściwego, cukrów, witaminy C, azotanów i popiołu.
2. Sukcesywny wzrost nawożenia azotem powodował szereg niekorzystnych zmian w jakości plonu, takich jak: zwiększanie akumulacji cukrów rozpuszczalnych i redukujących, włókna surowego, a także koncentracji niekorzystnych dla zdrowia azotanów; zmniejszenie udziału białka właściwego w białku ogółem, zawężenie stosunku skrobi do białka.
3. Bulwy batata okazały się bogate w: skrobię, cukry rozpuszczalne i redukujące, witaminę C. Ilość białka ogółem i właściwego, włókna surowego i popiołu surowego była zbliżona jak w bulwach ziemniaka, zaś koncentracja azotanów była niższa niż w bulwach ziemniaka.

PIŚMIENICTWO

- Ahm-Young Sup, Jeong-Byeong Choam, Oh-Yong Bee, Cho-Soo-Yean, Min-Kyung Soo. 1998. A new sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) cultivar, „Younni”: for both food on starch. *J. Crop Sci.* 40, 2, 134–141.
- Akkamahadevi-Pasare B., Neera R., Srinivasan C.N., Pushapa B., Rao N., Bharati P. 1996. Composition and cooking quality of five sweet potato varieties. *J. Root Crops* 22, 2, 101–104.
- Collins W.W. 1987. Improvement of nutritional and edible qualities of sweet potato for Hunan consumption. Report of the first sweet potato planning conference. International Potato Centre. Lima, Peru, 221–226.
- Goswami S.B., Sen H., Jana P.K., Panda P.K. 1996. Growth potential of sweet potato cultivars as influenced by water management practices. *Horticult. J.* 9, 2, 149–154.
- Goswami R.K. 1997. Performance of sweet potato cultivars in winter under Assam conditions. *J. Root Crops.* 20, 2, 132–134.
- Haque M.M., Hamid A. 1998. Effect of nitrogen on growth of intercropped maize and sweet potato. *Indian J. Plant Physiol.* 3, 4, 260–264.
- He-Bin, Xu-Hong-Yuan, Chen-Jing, He-B, Xu-HY, Chen-J. 1997. Effects of water stress on the permeability of plasma membrane and anti-oxidation enzymes in the leaves sweet potato. *J. Guangxi Agricult. University* 16, 4, 287–290.
- Inasi K.A., Philip J., Antony A., Sreekumar K., Nair R.R., Kunju U.M., Kurup G.T., Palniswaimi M.S., Potty V.P., Paadmaja G. 1996. Crop production strategies of tuber crops intercropped with coconut in reclaimed alluvial soils. Science Publishers, Inc., Lebanon, USA, 264–273.
- Katayama K., Komaki K., Tamiya S., Takayanagi K. 1999. Varietal and geographical differences in amylase content in sweet potato, *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Japanese J. Tropical Agricult.* 7, 11–14.
- Mazurczyk W. 1987. Skład chemiczny dojrzałych bulw 43 odmian ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 37, 11–19.
- Navas P.B., Carrasquero A., Mantilla J. 1999. Chemical characteristics of sweet potato (*Ipomoea batatas*) var. Carolina flour. *Revista de la Facul. de Agronomia Universidad del Zulia* 16, 1, 11–18.
- Sawicka B. 2000. Wpływ nawożenia azotem na wartość biologiczną bulw *Helianthus tuberosus* L. *Rocz. AR w Poznaniu, Ogrodnictwo* 323, 31, 447–451.
- Sawicka B., Pszczółkowski P., Mikos-Bielak M. 2000. Biologiczna wartość bulw *Ipomoea batatas* (L.) Lam. w warunkach Lubelszczyzny. *Rocz. AR w Poznaniu, Ogrodnictwo* 323, 31, 453–457.
- Silveira M.A., Azevedo S.M., Maluf W.R., Campos V.P., Momente V.G., Da-Silveria M.A., De-Azevedo S.M. 1997. Palmas and Canuana new sweet potato cultivars with resistance to root-knot nematodes. *Horticultura Brasileria* 15, 2, 122–123.
- Villafane R. 1998. Effects of water stress on the yield and quality of sweet potatoes. *Agronomy Tropical Maracay* 48, 4, 489–500.
- Yang-GuoHong Jeong-Byeong Choam, Oh-Yong Bee, Cho-Soo-Yean. 1999. Breeding of new starch-processing type sweet potato variety Yushu 13 with high yield and multiresistance. *J. Henan Agricult. Sci.* 3, 3–5.
- Zhang-Li Yu, Xu-PinLian, Zhang-LY, Xu-PL. 1994. Studies on the yield structure of sweet potatoes. *Jangsu J. Agricultural Sci.* 10, 1, 13–17.

